

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ANALÝZA KONVEČNÍ TECHNOLOGIE DĚLENÍ MATERIÁLU

ANALYSSIS OF CONVENTIONAL TECHNOLOGIES FOR SAWING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LADISLAV KAŠPAR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. OSKAR ZEMČÍK, CSC.

BRNO 2008

Zadání

Licenční smlouva

ABSTRAKT

V této práci je zpracován přehled konvenčních metod dělení materiálu používaných v běžné technologické praxi. U každého způsobu dělení materiálu je uveden princip, používané nástroje, které jsou zde i podrobněji rozděleny a popsány, příklady používaných strojů a jejich základní technické parametry. V závěru jsou uvedeny příklady aplikace těchto metod ve výrobní praxi a shrnutí výhod a nevýhod jejich využití.

Klíčová slova

Dělení materiálu, řezání, stříhání, rozbrušování, upichování, pilový list, pilový kotouč, pilový pás, řezný kotouč.

ABSTRACT

In this work is a survey of conventional method of cutting of material used on common technological routine processed. Principle, used instruments, which are disposed and described in detail and example of used machines and its basic technical parameters are mentioned in each way of material division. In the end examples of applications of these methods in production practise and summary of advantages and disadvantages of its use is mentioned.

Key words

Material division, curving, cutting, abrasive cutting, cutting-off, saw-blade, circular saw-blade, saw band, cutting disc.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KAŠPAR, L. *Analýza konvenční technologie dělení materiálu..* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 42 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Oskar Zemčík, CSc

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Analýza konvenční technologie dělení materiálu vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 22.5.2008

.....
Ladislav Kašpar

Poděkování

Děkuji tímto panu Ing. Oskaru Zemčíkovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt	str. 4
Prohlášení	str. 5
Poděkování	str. 6
Obsah	str. 7
1. ÚVOD	str. 9
2. ZÁKLADNÍ METODY DĚLENÍ MATERIÁLŮ	str. 10
3. DĚLENÍ MATERIÁLU ŘEZÁNÍM	str. 11
3.1 ŘEZÁNÍ MATERIÁLU PILOVÝM LISTEM	str. 11
3.1.1 Nástroje	str. 11
3.1.2 Stroje pro řezání pilovými listy	str. 14
3.2 ŘEZÁNÍ MATERIÁLU PILOVÝM PÁSEM	str. 15
3.2.1 Rozdělení pilových pásů	str. 15
3.2.2 Stroje pro řezání pilovými pásy.....	str. 18
3.3 ŘEZÁNÍ MATERIÁLU PILOVÝM KOTOUČEM	str. 19
3.3.1 Nástroje	str. 19
3.3.2 Stroje pro řezání pilovými kotouči	str. 22
3.4 DĚLENÍ MATERIÁLŮ ROZBRUŠOVÁNÍM	str. 25
3.5 DĚLENÍ MATERIÁLŮ UPICHOVÁNÍM	str. 26
4. DĚLENÍ MATERIÁLU STŘIHÁNÍM	str. 27
4.1 PRINCIP STŘIHÁNÍ	str. 27
4.2 ROZDĚLENÍ TECHNOLOGIE STŘIHÁNÍ	str. 28
4.3 NÁSTROJE PRO STŘIHÁNÍ	str. 32
4.3.1 Jednoduché střížné nástroje	str. 32
4.3.2 Postupové střížné nástroje	str. 33
4.3.3 Sloučené a sdružené střížné nástroje	str. 33
4.4 SPECIÁLNÍ ZPŮSOBY STŘIHÁNÍ	str. 34
4.4.1 Stříhání pomocí pryže	str. 34
4.4.2 Stříhání se zvýšenou rychlostí	str. 34
4.5 STROJE NA STŘIHÁNÍ MATERIÁLU	str. 34

5. ZÁVĚR	str. 36
5.1 POROVNÁNÍ VYUŽITÍ METOD DĚLENÍ MATERIÁLŮ V PRAXI ...	str. 36
Seznam použitých zdrojů	str. 38
Seznam použitých obrázků	str. 40
Seznam použitých tabulek	str. 42

1. ÚVOD

Požadavek efektivního využívání surovin a hospodaření s energií ve výrobní praxi se týká především strojírenského odvětví, neboť se zde spotřebovává velké množství zejména kovových materiálů, jejichž výroba a zpracování je z hlediska nákladů na spotřebované suroviny a energie velmi náročná.

Současné tržní prostředí, snaha o dosažení konkurence schopnosti podniků a zvyšování jakosti výrobků nutí management firem k zavádění nových technologií a používání nových moderních materiálů v běžné praxi a to vše při udržení minimálních výrobních nákladů.

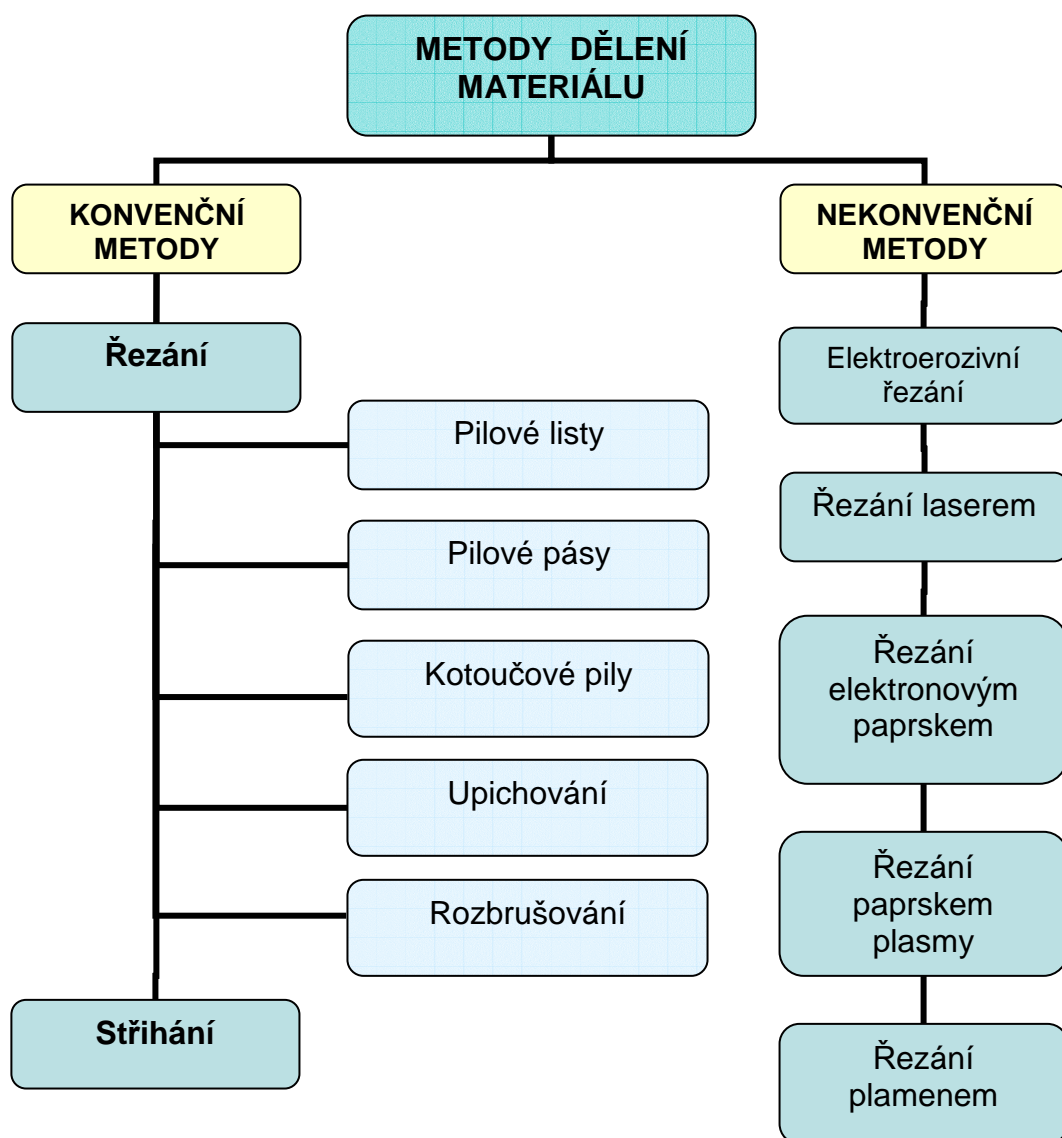
S tím úzce souvisí otázka dělení materiálů, protože tento proces má zásadní vliv nejenom na spotřebu materiálu samotného, ale také na spotřebu energií a pracovní síly, tedy na výši výrobních nákladů, celkovou efektivnost výroby a tím na cenu finálního výrobku.

Z toho důvodu je nutné, aby se problematice dělení materiálů věnovala náležitá pozornost.

V následujícím textu jsou popsány základní druhy konvenčních metod dělení materiálů. Přehled není zdaleka vyčerpán, protože tato oblast se na základě vědeckých a praktických poznatků neustále vyvíjí a modernizuje.

Přesto, že se uvedené principy vtaňují i na ruční nářadí a nástroje určené k dělení materiálů, v následujícím pojednání se budu zabývat pouze stroji používanými v běžné strojírenské praxi.

2. ZÁKLADNÍ METODY DĚLENÍ MATERIÁLŮ

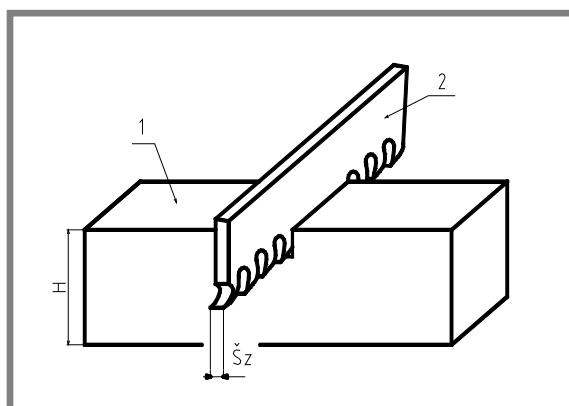


3. DĚLENÍ MATERIÁLU ŘEZÁNÍM

Jedná se o nejpoužívanější způsob dělení tyčového materiálu. Používají se rámové, kotoučové a pásové pily. (1)

3.1 ŘEZÁNÍ MATERIÁLU PILOVÝM LISTEM

Princip řezání materiálu pilovým listem spočívá ve vnikání břitu nástroje do materiálu obrobku, kdy nástroj (pilový list) koná přímočarý vratný pohyb. U rámových pil koná přísuv nástroj a obrobek je nehybný. Na rozdíl od frézování je u řezání pilou maximální hloubka řezu H podstatně větší než šířka řezu \check{S}^Z .



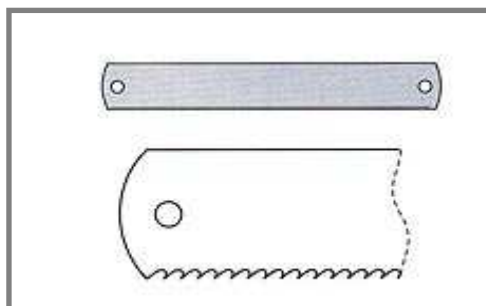
H- maximální
hloubka řezu
 \check{S}^Z - šířka řezu
1-obrobek
2- pilový list

Obr. 3.1 Řezání pilovým listem (1)

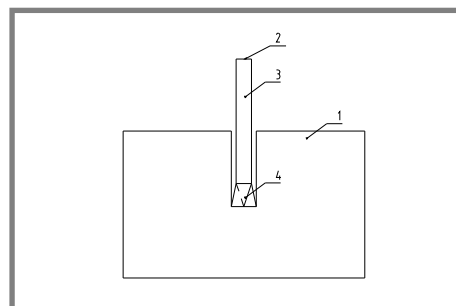
3.1.1 Nástroje

Pilové listy

Pilové listy jsou ocelové pásy opatřené na jedné straně zuby. Vyrábějí se z rychlořezné oceli, délkách 300 až 700 mm. Šířka pilových listů je podle délky 25 až 50 mm, tloušťka 1,25 až 2,5 mm, rozteč zubů 1,8 až 6,3 mm. Zuby mají jednoduchý tvar a jsou rozvedené, aby tělo pilového listu nedřelo o stěny řezaného materiálu. (12)



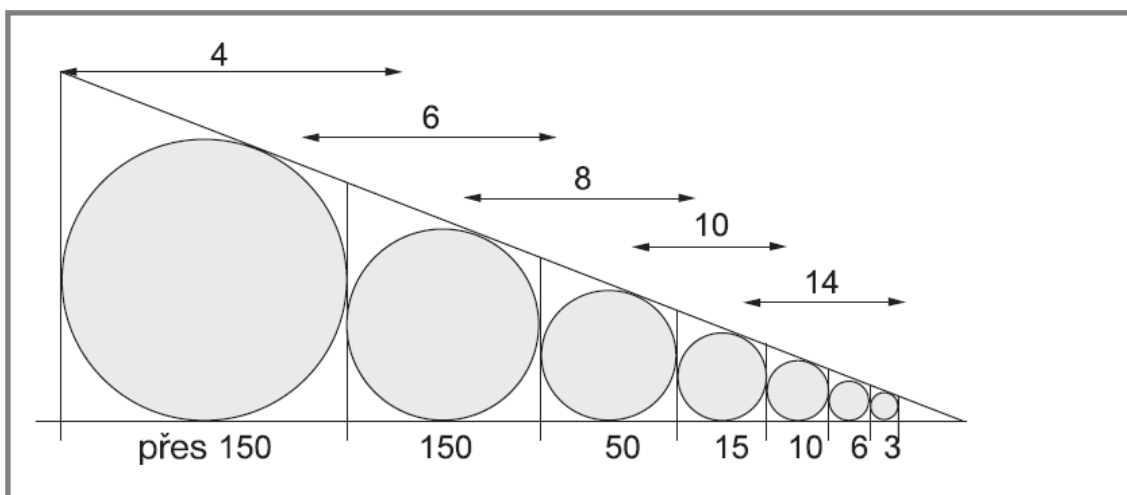
Obr. 3.2 Schéma pilového listu (4)



Obr. 3.3 Pilový list v řezu (1)
1- obrobek, 2- pilový list, 3- tělo
pilového listu, 4- zuby pilového listu

Volba správného druhu strojních pilových listů

Volba pilového listu se správným počtem zubů na 25 mm závisí na rozměrech a druhu řezaného materiálu. (4)



Obr 3.4 Volba počtu zubů pilového listu (4)

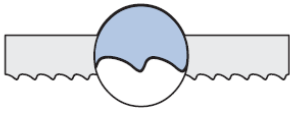
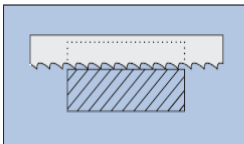
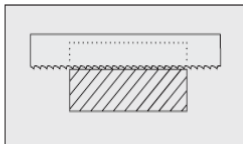
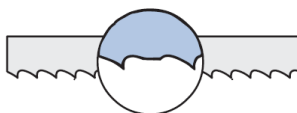
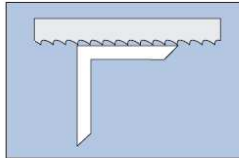
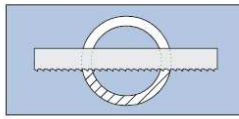
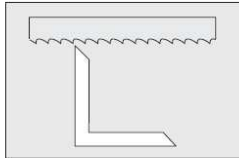
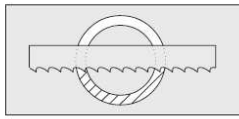
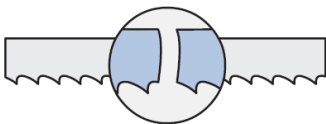

- řezání tenkých materiálů všech druhů jako jsou trubky, profily apod. 14 zubů / 25 mm
- řezání malých a středních tloušťek všech druhů materiálu 10 zubů / 25 mm
- řezání velkých tloušťek všech druhů materiálu 6 zubů / 25 mm
- řezání velkých tloušťek měkkých materiálů 4 zuby / 25 mm

Tab. 3.1 Doporučený počet zubů pro jednotlivé materiály (5)

Doporučený počet zubů na 25 mm pro jednotlivé materiály			
Materiál	Průměr materiálu (mm)		
	10-30	30-100	100-250
	Počet zubů na 25 mm		
Konstrukční ocel	14-8	8-6	6-4
Stavební ocel			
Automatová ocel			
Zušlechtěná ocel	14-8	8-6	6-4
Nitridová ocel			
Legovaná nástrojová ocel	10-8	6-4	4
Nelegovaná nástrojová ocel			
Pérová ocel	14-8	8-6	6-4
Nerezová ocel	8-6	6-4	6-4
Žárupevná ocel			
Temperovaná litina do 200HB	8-6	6-4	4
Šedá litina přes 200 HB			
Litina	10-8	8-6	6-4
Dural, Bronz, Hliník, Mosaz	6-4	6-4	6-4

Závady pilových listů a jejich možné příčiny

Tab. 3.2 Závady pilových listů (5)

<p>1. Rychlé otupení</p>  <ul style="list-style-type: none"> • nesprávná volba počtu zubů • nepřesné upnutí pilového listu • velká rychlost - zvláště při řezání tvrdých materiálů • příliš velký tlak - rychlé otupení zubů • nedostatečný tlak - zuby třou a nezařezávají • nedostatečné chlazení • závada v mechanismu pro zpětný chod <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">ano ne</p>	<p>2. Vylamování zubů</p>  <ul style="list-style-type: none"> • příliš malý počet zubů na 25 mm při řezání slabých dílců • řezání ostrých hran nebo tenkých kusů tak, nejsou v záběru aspoň 4 za sebou jdoucí zuby • nesprávné upnutí materiálu <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>ano</p>   </div> <div style="text-align: center;"> <p>ne</p>   </div> </div>
<p>3. Zlomení pilového listu</p>  <ul style="list-style-type: none"> • neodborné napnutí pilového listu v rámu stroje • nevhodně volený pilový list pro velký posuv • neopatrné spouštění rámu • nedokonale upnutý řezaný materiál • zavedení nového pilového listu do řezu vytvořeného opotřebovaným pilovým listem • vadná ložiska ve stroji nebo vadný zdvih 	<p>4. Křivý řez</p>  <ul style="list-style-type: none"> • špatné uchycení pilového listu ve stroji • nedostatečně upnutý pilový list • nedostatečně upnutý řezaný materiál • příliš velký tlak a nevhodný pilový list • tvrdá místa v řezaném materiálu • vadný stroj - opotřebení ložisek, posunutí rámu

Správnou volbou pilového listu pro určitý druh materiálu a jeho rozměry jakož i dodržováním uvedeného návodu na používání pilových listů docílíme hospodárného řezného výkonu.

3.1.2 Stroje pro řezání pilovými listy

Rámová pila

Pilové listy se upínají do rámu pily, který je veden v rameni pily a vykonává přímočarý vratný pohyb pomocí klikového mechanismu. Při zpětném zdvihu rámu se rameno pily nadzvedne (vačkou nebo hydraulicky), aby se zuby pilového listu neotíraly o materiál obrobku, který lze na pile řezat. Zdvih rámu je podle velikosti pily 140 až 300 mm, počet dvoj zdvihů ramene 60 až 100 za minutu. Posuv pily do řezu je určován hmotností ramene. (1)



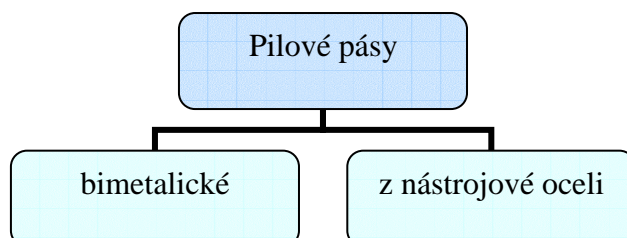
Obr.3.5 Rámová pila KASTO HBS1 (6)

Tab. 3.3 Technické parametry rámové pily Kasto HBS 1 (6)

Řezné rozsahy (mm)		Výkonové parametry	
Řezný rozsah 90 °kulatina	210	Celkový příkon	1,1 kW
Řezný rozsah 90 °plochý (šxv)	240x190	Výkon řezného motoru	0,8 kW
Řezný rozsah 90 °hranol	210x210	Řezná rychlost	16/32 m/min
Řezný rozsah +45 °kulatina	150	Rozměr pilového listu	400x30x1,5mm
Řezný rozsah +45 °plochý (šxv)	150x100		
Řezný rozsah +45 °plochý (šxv)	130x210		
Řezný rozsah +45 °hranol	145x145		
Rozměry a váhy			
Délka	1190 mm		
Šířka	480 mm		
Výška	810 mm		
Nejvyšší poloha	1230 mm		
Výška vyložení materiálu	500 mm		
Váha	170 kg		

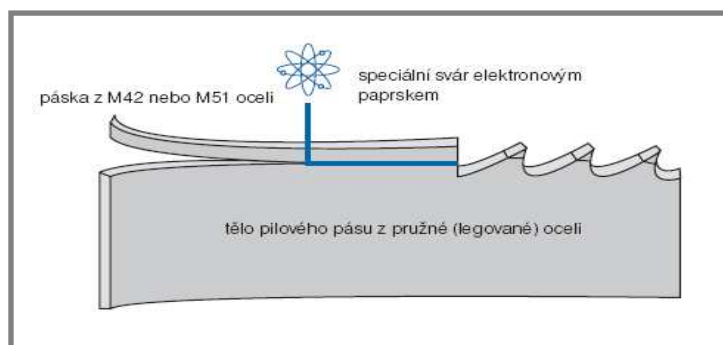
3.2 ŘEZÁNÍ MATERIÁLU PILOVÝM PÁSEM

3.2.1 Rozdělení pilových pásů



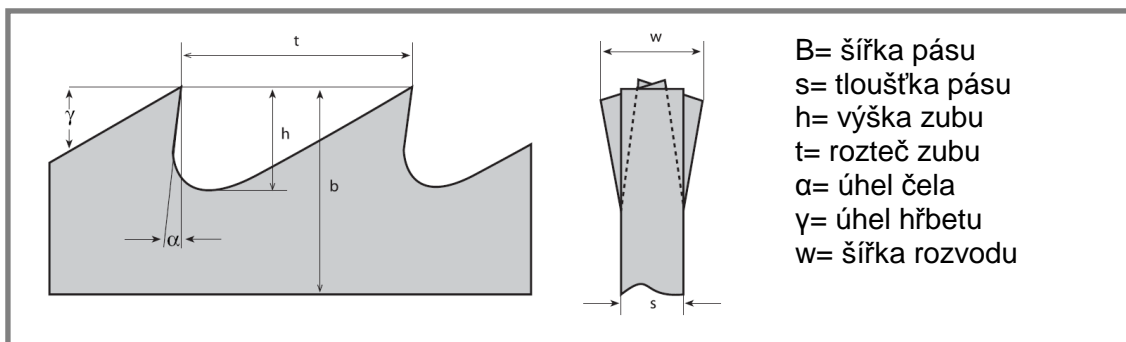
a) Bimetalické pilové pásy

Tělo bimetalového pásu je vyrobeno z ušlechtilé oceli speciálního složení. Je velmi pružné, s tvrdostí cca 50 HRC (Rockwella). Je ideálním základem pro dlouhou životnost a vynikající výkon pásu. Špičky zubů jsou z ušlechtilé oceli HSS a mají tvrdost 67 HRC nebo 69 HRC. Oba materiály jsou neoddělitelně svařeny elektronovým paprskem. (5)



Obr. 3.6 Bimetalový pilový pás (5)

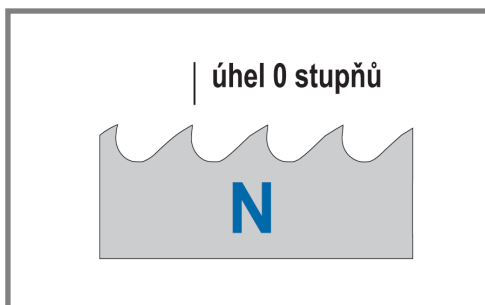
Geometrie zubů pilových pásů



Obr. 3.7 Geometrie zubů pilových pásů (5)

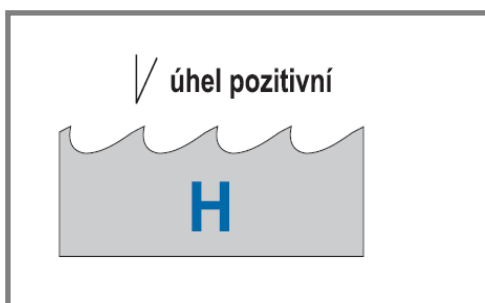
Tvary zubů pilových pásů

Efektivně a s nízkými vibracemi řeže jen pilový pás se správně zvoleným tvarem zubů. Rozlišujeme čtyři základní typy zubů.



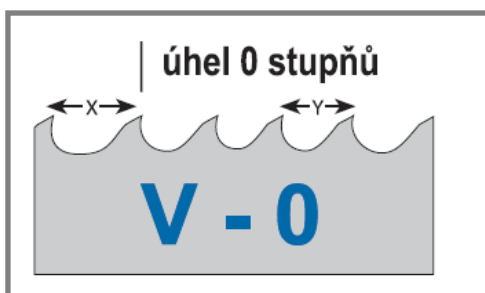
Obr. 3.8 Zuby standart (5)

- vhodný pro materiály s krátkou třískou
- tenkostěnné materiály
- úhel čela je nulový
- 18 zubů / palec



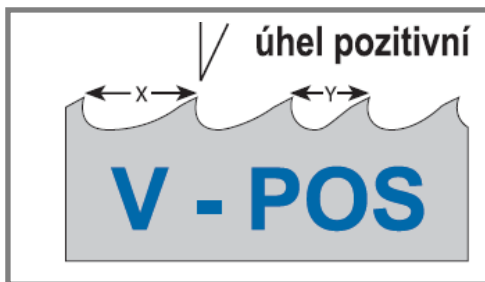
Obr. 3.9 Zuby Hook (5)

- vhodný pro materiály s dlouhou třískou
- houževnaté materiály
- velké průměry,
- úhel čela je pozitivní
- 6 zubů / palec



Obr. 3.10 Variabilní zuby (5)

- vhodný pro řezání bez vibrace a profily
- úhel čela 0°
- variabilní rozteč zubů od 3/4 do 10/14

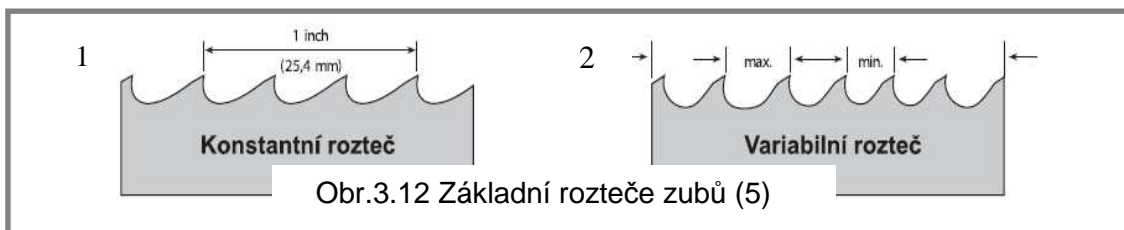


Obr. 3.11 Variabilní zuby s kladným úhlem čela (5)

- vhodný pro řezání bez vibrací
- plný materiál
- úhel čela pozitivní
- variabilní rozteč zubů od 0,75/1,25 do 4/6

Rozteč zubů

V praxi rozlišujeme dvě základní rozteče zubů

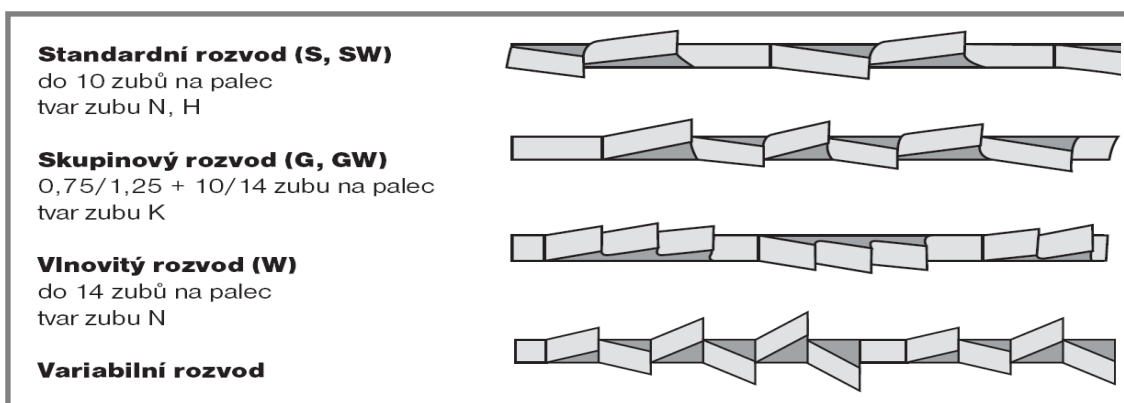


1. Zuby jsou uspořádány v jednotném odstupu. Ozubení pilového pásu označuje počet zubů na palec (2,54 mm).

2. V rámci skupiny zubů se mění odstupy zubů. Variabilní ozubení pilového pásu se označuje podle největší a nejmenší rozteče zubů.

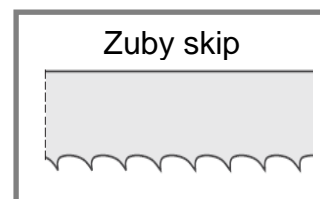
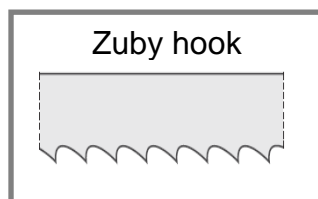
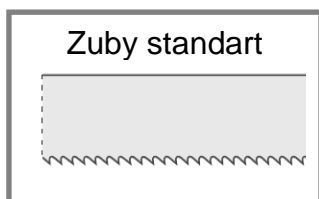
Typy rozvodů zubů

Kromě tvaru a rozteče zubů je pro výkon pilového pásu rozhodující i přesný rozvod. Správná vůle pásu je dosažena specifickým rozvodem pro daný řez. Brání sevření pásu, což je velmi důležité zvláště u problematických řezacích prací. Typ a šířka rozvodu jsou odpovídající typu řezu.



b) Pilové pásy z nástrojové oceli

Nosná část i zuby jsou vyrobeny z uhlíkové nástrojové oceli, břity zubů vysokofrekvenčně kaleny a popuštěny na tvrdost 64 - 65 HRC. Používají se tvary zubů standard, hook nebo skip. Pilové pásy z nástrojové oceli se používají na řezání oceli běžných jakostí do pevnosti v tahu 700N/mm^2 , řezání průřezů, trubek a profilů. (5)



3.2.2 Stroje pro řezání pilovými pásy

Pásová pila

Podle konstrukčního řešení se rozdělují na svislé nebo se sklopným, případně pevným vodorovným ramenem. Pásové pily mají dva kotouče, jeden hnací, druhý hnaný, přes něj je napnut nekonečný pilový pás. Podle velikosti pily mají kotouče průměr 600 až 1200 mm. V blízkosti místa řezání je pilový pás veden čtyřmi kladkami. (1)

Svislé pásové pily mají kotouče umístěny nad sebou a používají se především pro tvarové vyřezávání součástí z plechů nebo desek.

Vodorovné pásové pily mají kotouče umístěny za sebou a jsou mírně skloněny k vodorovné rovině. Pilový pás je širší než u svislých pásových pil. Používají se výhradně na dělení materiálů, mohou pracovat v automatickém cyklu. (1)



Obr. č. 3.17 Pásová pila na kov se sloupovým vedením METOR - VMB-305-DS (10)

Tab.č. 3.3 Parametry pásové pily METOR – VMB-305-DS (10)

Základní parametry	
Řezná rychlost	18 až 108 m/min.
Řezný výkon	4 kW
Maximální Ø prořezu	305 mm
Ostatní parametry	plynulá regulace rychlosti, automatická regulace řezného tlaku, automatický posuv materiálu , elektrická kontrola napnutí pásu
Nástroj:	pilový pás 4900 x 32 x 1,1 mm

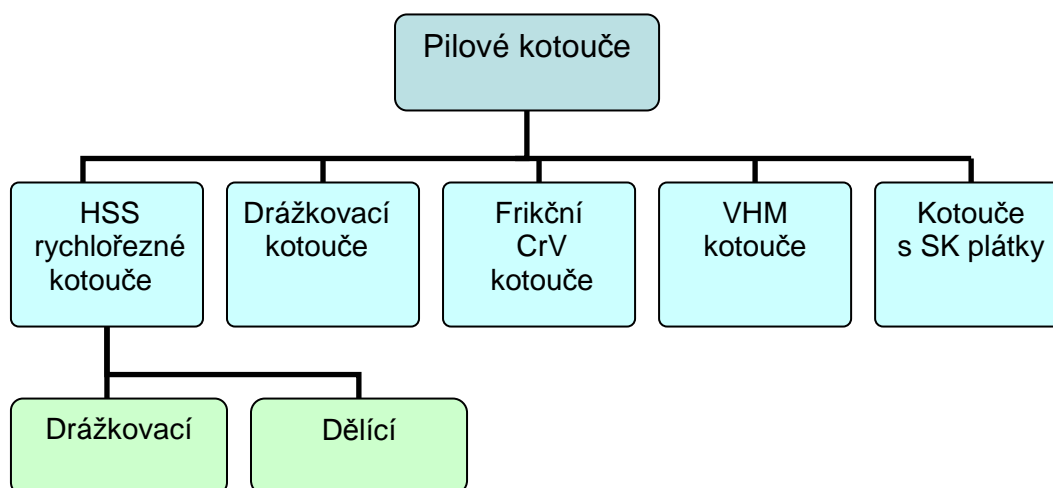
3.3 ŘEZÁNÍ MATERIÁLU PILOVÝM KOTOUČEM

Princip řezání materiálu kotoučovou pilou spočívá opět na vnikání břitu nástroje do materiálu obrobku, kdy nástroj koná otáčivý pohyb. U kotoučových pil koná přísuv zpravidla obrobek.

3.3.1 Nástroje

Pilové kotouče se používají na řezání kovu stejně jako pilové listy a pilové pásy na kov. Řezou se jimi menší obrobky. Výhodou oproti strojním listům je, že kotouče nemají „mrtvý čas“, oproti pásům jsou produktivnější, rychlejší a přesnější. Jejich řez je precizní nevyžaduje další úpravy a opravy řezaných materiálů. (7)

Rozdělení pilových kotoučů



a) HSS rychlořezné kotouče

HSS pily jsou pomaloběžné nástroje vyrobené z rychlořezné oceli, které řezaný materiál dělí formou třískového obrábění. Vyznačují se přesným řezem bez otřepů a efektivitou provozu. HSS rychlořezné kotouče se vyrábí v průměrech od 20 do 600 mm (Průměry nad 560 mm se v praxi často nepoužívají, protože často dochází k jejich poškození). (7)

Dělení HSS rychlořezných kotoučů podle použití.

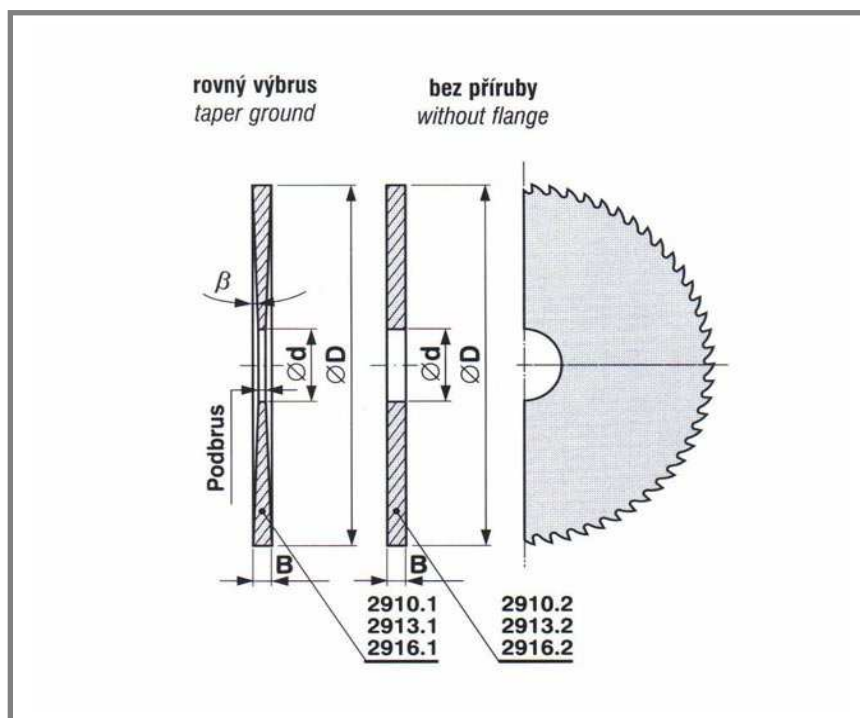
- dělení materiálu (kde nezáleží na tloušťce materiálu)
- drážkování

Dělicí pily

Tyto pily se rozlišují podle těchto základních parametrů:

- vnější průměr pily
- síla kotouče (standardně 2,5mm)
- průměr otvoru na hřídel (32, 40, 50 mm)

- upínací otvory – brání protočení pily, volí se dle stroje na který bude kotouč upnut.
- počet zubů a druh ozubení, tzn. tvar zubu (např. 200 zubů BW)



Obr. 3.18 Schéma HSS kotouče (7)

Zuby

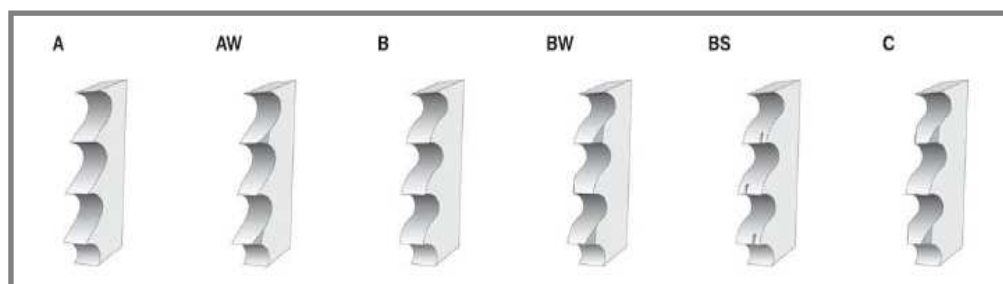
Pro správnou funkci dělicí pily je důležitá volba správného typu a rozteče zubů. Je-li rozteč špatně zvolená, zůstávají třísky v kotouči, ucpávají mezizubní prostor a může dojít k ulomení zubu. Čím je tříska delší, tím musí být mezery mezi zuby větší. (7)

Typy zubů

A, AW

B, BW, BS – na tloušťku řezaného materiálu 1 – 5 mm (jsou nejpoužívanější)

C – silné materiály



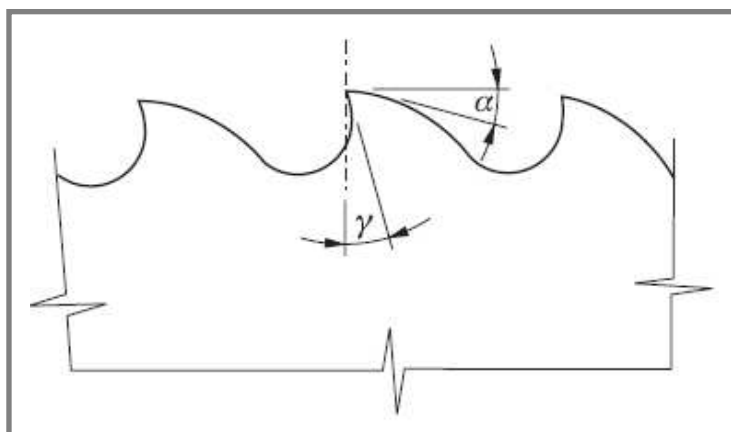
Obr. 3.19 Druhy zubů pilových kotoučů (5)

Rozdíl mezi A a AW, B a BW je ten, že u A,B je zub stejně široký jako tělo pily. AW,BW má zub zkosený, střídavě z levé a pravé strany. To umožňuje užší třísku, odborně „rozvádění třísky“ při šířce řezu stejné, jako je tloušťka kotouče. Kotouč se ale rychleji opotřebuje. Toto řeší pila se zuby BS (někdy také BR) – zub má drážku o síle „0,1 x šířka listu“, střídavě z levé a pravé strany zubu v 1/3 šířky. Způsobuje to vznik dvou třísek, které snadno odchází z řezu. (7)

Zub C je určen pro plný materiál, kde je dlouhá tříska. Má dva druhy zubu - předřezávací (špičatý, vyšší) a dořezávací („hranatý“, nižší), které jsou za sebou řazeny střídavě. Standardně se používají zuby BW a C. (7)

Zuby jsou podle druhu určeny konstruovány se třemi různými geometriemi čela a hřbetu zubu. (7)

- pro ocel - čelo 18°
- pro nerez - čelo 12°



α – úhel
hřbetu
 γ – úhel čela

Obr 3.20 Detail zubu (7)

Upínací otvory se řezou laserem. Obvyklý průměr unášecích otvorů je 32,40 a 50 mm.

Unášecí otvory jsou definovány třemi parametry. První udává počet unášecích otvorů, druhý jejich průměr v mm a třetí rozteč v mm.

Tab. 3.4 Volba počtu unášecích otvorů (5)

Standardně vyráběné unášecí otvory pilových kotoučů			
Otvor na hřidel (mm)	Unášecí otvory		
	Počet / Průměr otvorů / Rozteč (mm)		
32	2/8/45	2/9/50	2/11/63
40	2/8/55	4/12/64	-
50	4/15/80	4/14/85	-

Správná volba obvodové rychlosti a rychlosti posuvu je rozhodující pro optimalizaci procesu řezání. Je třeba vždy dodržet správný poměr obou rychlostí. Pokud je obvodová rychlost v poměru k rychlosti posuvu příliš vysoká, bude se řezaný díl spíše leštit než řezat. V opačném případě, při vysoké

rychlosti posuvu vzhledem k obvodové rychlosti, pilový list nestihne vyhodit třísku z mezizubního prostoru a může dojít ke zlomení listu. (7)

Pro zjištění počtu otáček k nastavení stroje je možno použít následující vzorec.

$$\text{RPM} = V \times 1000 / D \times 3,14 \quad (\text{min.}^{-1}) \quad (3.1)$$

V – obvodová rychlost, D – průměr listu

Chceme-li znát celkový posuv, který má být na stroji nastaven, použijeme následující vzorec.

$$A_t = A_z \times Z \times \text{RPM} \quad (\text{mm.min}^{-1}), \quad (3.2)$$

A_t – celkový posuv, A_z – posuv na zub, Z – počet zubů, RPM – počet otáček za minutu

Povrchová úprava kotoučových pil

Pily jsou opatřovány různými povrchovými úpravami-povlaky. Na pilu se nanáší vrstva titanu a dosahuje se tak lepších vlastností (zvyšuje tvrdost, zamezuje poškozování těla pily atd.). Povlakuje se před vyzubení i po vyzubení. V prvním případě je ošetřené jen tělo (řezy zubů ne), ale zuby jsou chráněné alespoň po stranách. Poté se povlakuje i zub. Je možné několik přeastřování, povlak nemizí. Obecné označení povlaků je TiN (nitrid titanu), apod. Povlakuje se cca 40 % kotoučových pil na kov. (7)

Tab. 3.5 Charakteristika povlaků pil (5)

Typ povlaku	Charakter	Koeficient proti tření oceli	Max. teplota použití (°C)	Zbarvení
VAPO	Povrchová pasivace	0,65	550	Modrá až černá
GOLDSKIN	Povlak TiN	0,4	500	Zlatá
SPEEDSKIN	Povlak TiCN	0,2	400	Modrá až šedá
GRAYSKIN	CRN	0,3	700	Šedá až popelavá

b) Drážkovací kotouče

- Obecně jsou to pily menších průměrů a to 20–315 mm.
- Otvory na hřidel 5–40 mm. Lze je vyrobit i jinak.
- Tloušťka pil bývá 0,2–6 mm.

Použití

Malé drážky se používají např. ve zlatnictví, jemné mechanice. Při drážkování se používají pily se zuby typu A,B,C (dle hloubky drážky a materiálu; u jednoho druhu pily je vždy jen jeden typ zubu). Nejsou tady běžné povrchové úpravy ani unášecí otvory.(7)

c) Frikční kotouče CrV

Tyto kotouče mají velmi vysoké otáčky. Od pily jdou při řezání jiskry, materiál se prakticky odtaví, řez není čistý, má otřepy a vady. (7)

Pila CrV (chrom – vanadium)

- vyrábí se o průměru 200 – 1000 mm
- tloušťka pily je 2,5 – 10 mm
- má vyšší zub, úhel zubu je nulový (aby materiál nešel do třísky, ale odtavoval se)
- pila má otvor pouze na hřidel (nemá unášecí otvory). Řeže velkou rychlostí.

Použití:

Tyto pily se používají v železárnách na profilovacích linkách. CrV pily lze používat místo flexokotoučů. Dělení zatepla. Pouze materiál CrV může dělit teplé nebo horké oceli (nad 250°C). (7)

d) VHM pily na celotvrdé materiály

- VHM pily se vyrábí v průměrech 20 – 250 mm
- vyznačují se vysokou životností.
- používají se např. ve sklářství, k nám se dováží (7)

e) Pily s SK plátky

- pily s plátky ze slinutého karbidu se vyrábí v průměrech nad 250 mm do průměru 1500 mm
- pily jsou opatřeny SK plátky upravené na řezání oceli (7)

3.3.3 Stroje pro řezání pilovými kotouči**Kotoučové pily**

Pilový kotouč je upnut na vřetení stroje a koná otáčivý pohyb. Posuv materiálu do řezu je většinou realizován hydraulickým mechanismem, což umožňuje automatickou změnu posuvu v závislosti na měnícím se průřezu řezaného materiálu. Velikost stroje je dána minimálním a maximálním průměrem pilového kotouče, který lze na stroji použít. Pily mohou mít automatické podávání materiálu, příp. je automaticky řízen celý pracovní cyklus. (1)



Obr. 3.21 Kotoučová pila na kov pro řezání za sucha MTS 356 (16)



Obr. 3.22 Poloautomatická kotoučová pila na hliník BOMAR AL 400 (8)

Tab. 3.6, 3.7 Technická data kotoučových pil (16,8)

Technická data kotoučové pily MTS 356	
Řezná oblast 90°	tloušťka stěny 13 mm 180×100 mm
Řezná oblast 90°	tloušťka stěny 13 mm 120×120 mm
Řezná oblast 90°	tloušťka stěny 13 mm 132 mm
Řezná oblast 45°	tloušťka stěny 13 mm 120 × 90 mm
Řezná oblast 45°	tloušťka stěny 13 mm 120 × 90 mm
Řezná oblast 45°	tloušťka stěny 13 mm 90 × 90 mm
Maximální Ø pilového kotouče	216; 355 mm
Otáčky	1300 ot./min
Výkon motoru	2200 W
Hmotnost	23,5 kg

Technická data pily BOMAR AL 400	
Nejmenší řezaný průměr	5 mm
Ložná výška materiálu	1010 mm
Rozměry pilového kotouče	400 x 30 x 3,6 mm
Řezná rychlost	3060 m·min ⁻¹
Výkon motoru	3 kW
Napájecí napětí	3 x 400 V / 3 x 230 V
Celkový instalovaný výkon	4,3 kVA
Rozměry stroje (ŠxDxV)	850 x 800 x 1440 mm
Hmotnost	310 kg

3.4 DĚLENÍ MATERIÁLŮ ROZBRUŠOVÁNÍM

Jedná se metodu dělení materiálu, při které se jako nástroj používá tenký řezací kotouč. Kotouče jsou zhotoveny ze zrn karbidu křemíku (SiC) nebo syntetického korundu (Al_2O_3). Těleso kotouče může být vyztuženo sklotextilem. Šířka kotouče je zpravidla 1 – 3,2 mm, řezná rychlost se pohybuje od 40 do 80 m.s^{-1} , posuv je ruční. (11)



Obr. 3.23 Rozbrušovací bruska (9)

Tab.3.8. Technické parametry rozbrušovací brusky (9)

Technické parametry	
Výkon motoru	2.400 W
Průměr řezného kotouče	355 mm
Řezná kapacita - pravouhlý profil	175 x 105
- čtvercový profil	118 x 118 mm
- L-profil	135 x 135 mm
Otáčky motoru	3.900 ot/min
Délka x šířka x výška	53 x 36 x 73 cm
Hmotnost	18 kg

3.5 DĚLENÍ MATERIÁLŮ UPICHOVÁNÍM

Používá se zejména pro dělení kruhového tyčového materiálů. V malosériové výrobě se jedná o málo používaný způsob, neboť je drahý a málo efektivní. Tento způsob dělení materiálů však nachází velké uplatnění v automatických obráběcích centrech. Ztráty materiálu jsou poměrně značné, na druhé straně lze získat velmi hladké řezné plochy. Používá se pro přesné rozměry polotovarů, nedochází ke stlačení vrstev v okolí řezu.

Jako nástroje jsou používány speciální upichovací nože z rychlořezné oceli nebo SK plátky. Upichování se provádí na upichovacích automatech nebo univerzálních soustruzích. (11)



Obr. 3.24 Univerzální hrotový soustruh SPF-1500P (13)

Tab. 3.9 Technické data univerzálního hrotového soustruhu SPF- 1500P (13)

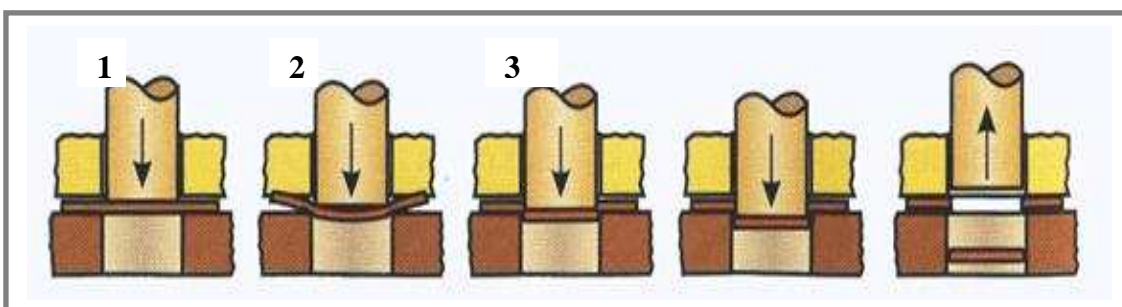
Technické parametry		
Napětí	400	V
Příkon	4/5,5	kW
Točný průměr nad ložem (L)	460	mm
Točný průměr nad sedl. mezerou	630	mm
Točný průměr nad suportem (S)	275	mm
Točná délka	1500	mm

4. DĚLENÍ MATERIÁLU STŘÍHÁNÍM

Stříhání je nejrozšířenější operací tváření. Používá se jednak na přípravu polotovarů (stříhání tabulí nebo svitků plechů, stříhání profilů, vývalků, apod.), jednak na vystřihování součástí z plechu buď pro konečné použití nebo pro výrobky na další technologie (ohýbání, protlačování, tažení, atd.) a jednak na dokončovací a nebo pomocné operace. Kromě klasického stříhání existují i jiné operace, které se nazývají podle způsobu odstraňování materiálu. Řadíme sem děrování, vystřihování, ostřihování, přistřihování, atd. (12)

4.1 PRINCIP STŘÍHÁNÍ

Stříháním je oddělování části materiálu působením protilehlých řezných hran způsobujících v řezné rovině smykové napětí. Princip stříhání je zachycen na následujícím obrázku. Stříhání probíhá ve třech fázích.

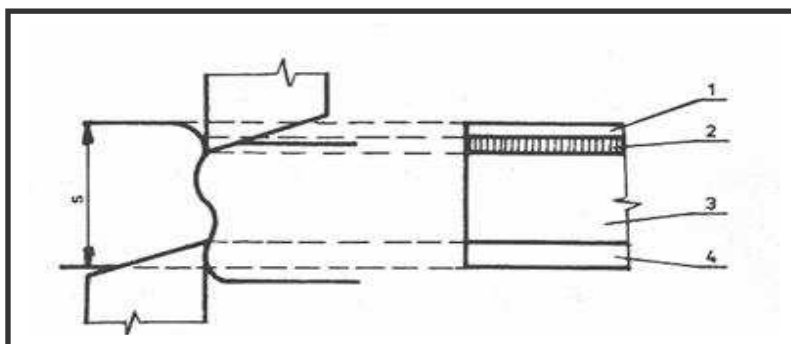


Obr 4.1. Princip stříhání pomocí stříhadla (12)

V první fázi je oblast pružných deformací, kdy se materiál stlačuje a ohýbá a vtlačuje se do otvoru střížnice. Druhou fází je oblast plastických deformací. Střížník se vtlačuje do plechu a ten do otvoru střížnice a napětí překračuje mez kluzu a na hranách střížníku a střížnice se blíží mezi pevnosti. Ve třetí fázi začínají na hranách vznikat trhlinky, ty se rozšiřují až dojde k utržení materiálu. (12)

Výstřížek se oddělí dříve, než projde střížník celou tloušťkou stříhaného materiálu a následně je výstřížek vytlačen. S ohledem na to nejsou okraje stříhových ploch zcela rovinné a střížná plocha má určitou drsnost, která není v ploše rovnoměrná. Místa, kde došlo k prvnímu výskytu trhlin, jsou drsnější, než ostatní střížné plochy. Oddělení však nenastane přesně v žádané rovině a to proto, že materiál je elastický, tvárný a napětí způsobuje tlak nožů na celé ploše. Podle toho rozeznáváme na odstříhnuté ploše různá pásma. (12)

Stříhání je tedy jedinou tvářecí operací, která směřuje k žádoucímu porušení materiálu. Při výpočtu tvářecích sil se to projeví tím, že zde použijeme meze pevnosti místo meze kluzu. (12)



Obr 4.2 Deformační pásma při stříhání (12)

1 – pásmo zaoblení (elastická deformace), 2 – pásmo utržení,
3 – pásmo smyku (plastické deformace), 4 – pásmo odtlačení

4.2 ROZDĚLENÍ TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ

Podle teploty procesu

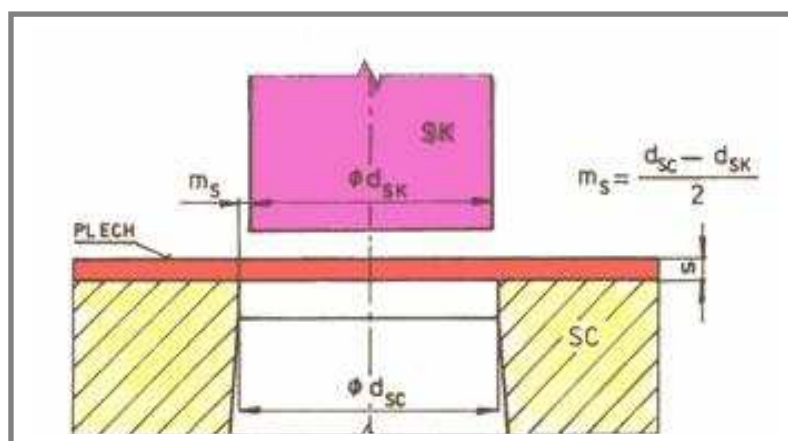
- stříhání za studena - jen pro měkčí oceli (do pevnosti 400 MPa) nebo pro plechy,
- stříhání za tepla - pro tvrdší a tlustší materiály při ohřevu asi na teplotu 700 °C

Podle konstrukce nožů

- stříhání rovnoběžnými noži
- skloněnými noži
- kotoučovými noži
- noži na profily a tyče

a) Stříhání rovnoběžnými noži

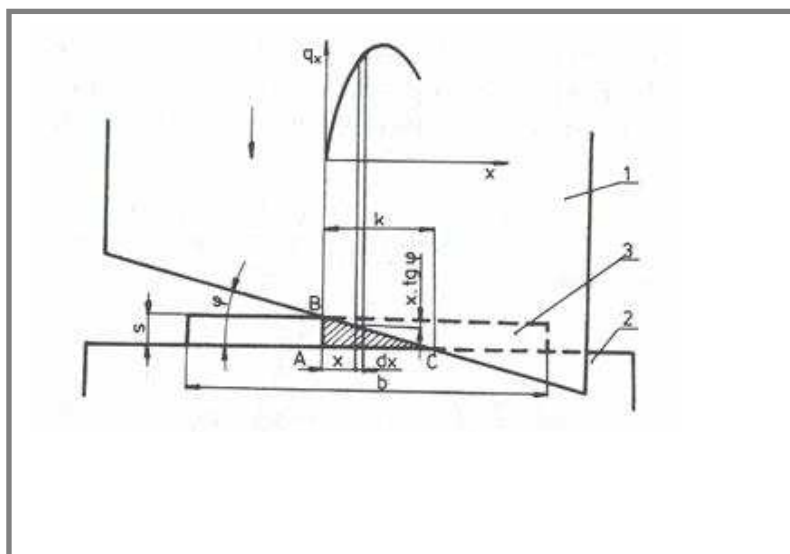
Ke stříhání rovnoběžnými noži se používá střížný nástroj, který je složen ze střížníku a střížnice, mezi kterými je střížná vůle, resp. střížná mezera m_s (1/2 střížné vůle). Nelze totiž bez zvláštních úprav postavit nástroj bez mezery kvůli nebezpečí havárie. Na docílení kvalitního výstřížku je důležitá optimální vůle mezi střížníkem a střížnicí. Jednostranná vůle bývá od 3 do 10 % tloušťky plechu v závislosti na tloušťce a pevnosti materiálu (s rostoucí pevností se vůle zvětšuje). (12)



Obr 4.3 Schéma stříhání pomocí střížného nástroje (SK – střížník, SC – střížnice) (12)

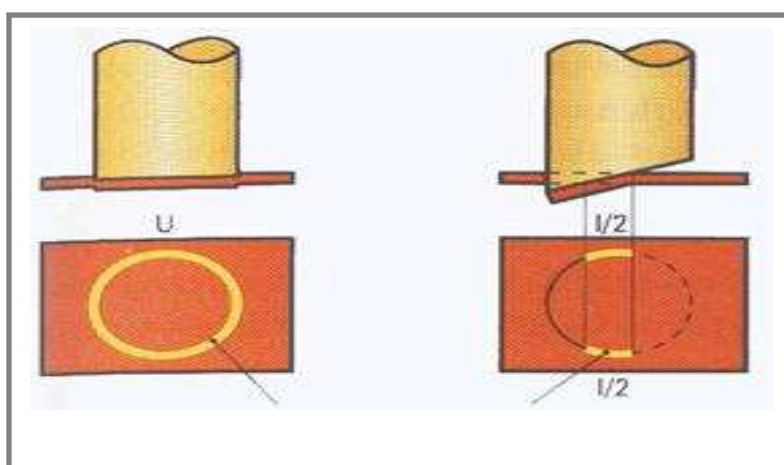
b) Stříhání šikmými noži

Stříhání šikmými, skloněnými, noži, které při stříhání svírají určitý úhel je výhodné proto, že se při tomto způsobu zmenší celková potřebná střížná síla oproti stříhání pomocí rovných nožů. Materiál se stříhá postupně. Pro velikost střížné síly bude rozhodující velikost střížné hrany a tloušťky - plochy trojúhelníka. (12)

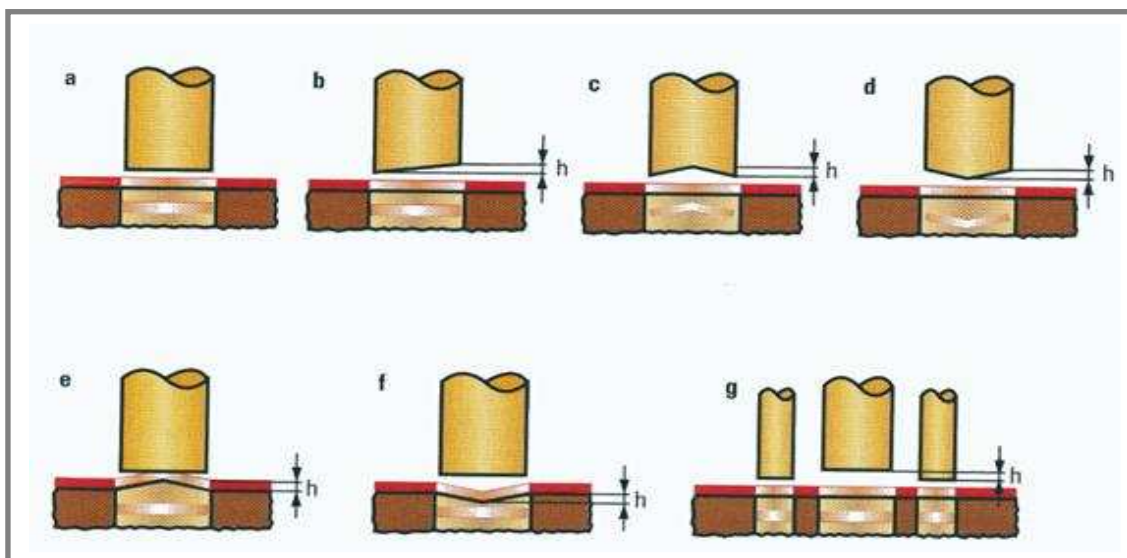


Obr. 4.4 Stříhání skloněnými, šikmými, noži (12)
(1 – horní pohyblivý nůž, 2 – dolní pevný nůž, 3 – stříhaný materiál)

Podobně jako u jednoduchého rovného stříhání je i v tomto případě průběh okamžité síly možno regulovat, i když naproti tomu se celková práce, vynaložená na stříhání, nezmenší. U nástrojů, stříhadel, složených ze střížníku a střížnice, používaných pro dva nejrozšířenější způsoby stříhání, tj. děrování a vystřihování to lze provést dvěma způsoby: (12)



Obr. 4.5 Porovnání délky stříhu při stříhání rovnými, resp. šikmými noži (12)



Obr. 4.6 Úpravy střížníku a střížnice (12)

(a – rovný stříh, b – jednostranné zkosení střížníku, c,d – oboustranné zkosení střížníku, e, f – zkosení střížnice, g - stupňovité uspořádání střížníků)

Stříhadla se zkoseným ostřím používáme tehdy, když chceme zmenšit střížnou sílu, která je větší jak síla lisu. Na vystříhování se zkosení dělá oboustranné a to na střížnici, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Způsob oboustranného zešíkmení vyrovnává síly na střížníku a nevychyluje jej z osy. Jednostranné zkosení střížníku se používá jen pro nastříhování. (12)

U děrování je střížnice rovná a střížník zkosený, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Při stříhání složitějších tvarů se nedoporučuje provádět zkosení ostří.

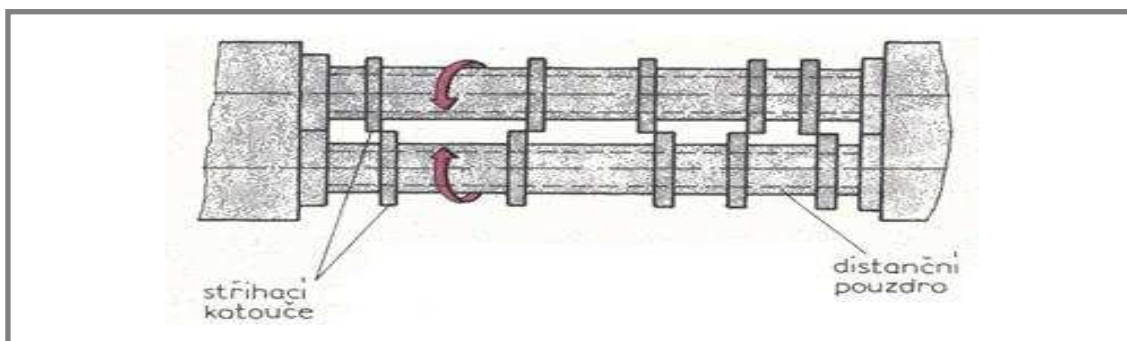
Do šikmého stříhu počítáme i pákové nůžky, jejichž nože se pohybují úhlových sklápěním. Protože sklápěním přímkových nožů se úhel λ mění, staví se často pákové nůžky s jedním nebo oběma noži obloukovými, takže úhel λ zůstává po střížné čáře konstantní. (12)

c) Stříhání kruhovými noži

Pro podélné stříhání dlouhých pásů se staví nůžky kotoučové. Je to střížný nástroj s odvalujícími se noži. Použití kruhových nožů prodlužuje čas stříhu, ale snižuje rázy při stříhání. Sklon řezné hrany se mění od nejvyšší hodnoty v místě záběru do nuly. (12)

Kombinace dvojkuželového a válcového nože je určena pro stříh zakřivených tvarů, s výhodou skloněných os nástrojů. Na křivkové stříhání je potřeba zvolit průměr nožů co nejmenší. To umožňuje konstrukci nůžek s dlouhými rameny nesoucími kotouče, a tím i snadnou manipulaci se stříhaným materiálem. (12)

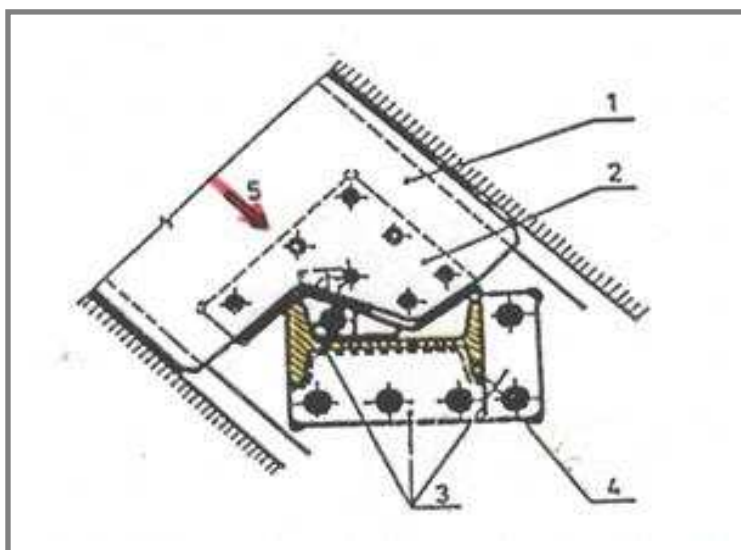
Speciálním nástrojem jsou kmitací nůžky. Slouží k ostříhování výlisků a k vystříhování drážek a děr. Maximální tloušťka materiálu je kolem 10 mm. (12)



Obr. 4.7 Kotoučové nůžky při stříhání pásů (12)

d) Stříhání noži na profily a tyče, trubky

Stříhání se často používá také k dělení profilového materiálu, průřezu čtvercového, kruhového atd. Zatímco příčný průřez funkčních částí nástrojů zůstává ve všech případech zhruba beze změny, mění se podélný tvar podle způsobu stříhu. (12)

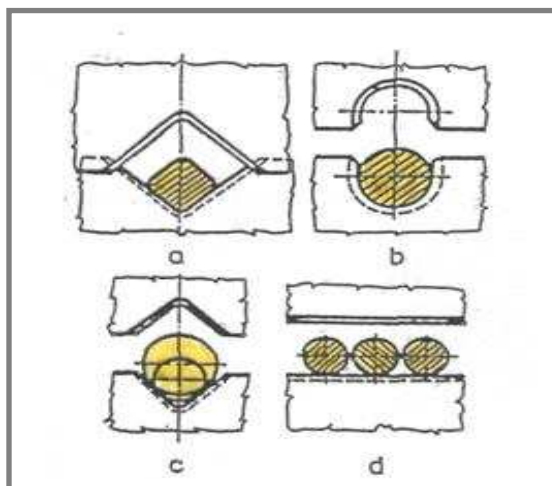


Obr. 4.8 Nože na stříhání profilu (12)
(1 – střížník, 2 – pohyblivý nůž, 3 – pevný nůž, 4 – stříhaný profil,
5 – směr pohybu nože)

Při stříhání jakéhokoliv profilového materiálu platí zásada, aby přestřihovaná tloušťka v každém okamžiku byla téměř stále stejná. Této zásadě se potom přizpůsobuje obrys pohyblivého nože. Na obrázku je ukázán tvar nože pro stříhání profilů a tvar nožů určený jednak pro stříhání čtvercových profilů, jednak tvar nožů pro stříhání kulatiny. Při šikmém posuvu pohyblivé části nástroje se docílí rovnoměrnějšího průběhu střížné síly v závislosti na zdvihu, než kdyby se volil pohyb nože podle některé z os průřezu.

Při stříhání trubek, při jejich pokud možno minimálním zdeformování, má pohyblivá část nástroje tvar oblouků zakončených špičkou. Zašpičatělá část nejprve trubku propíchne, boky potom trubku stříhají tak, že výslednice sil na

břitu směřuje kolmo vůči směru nejvyšší tuhosti. Střížná mezera od krajů směrem ke středu roste. (12)



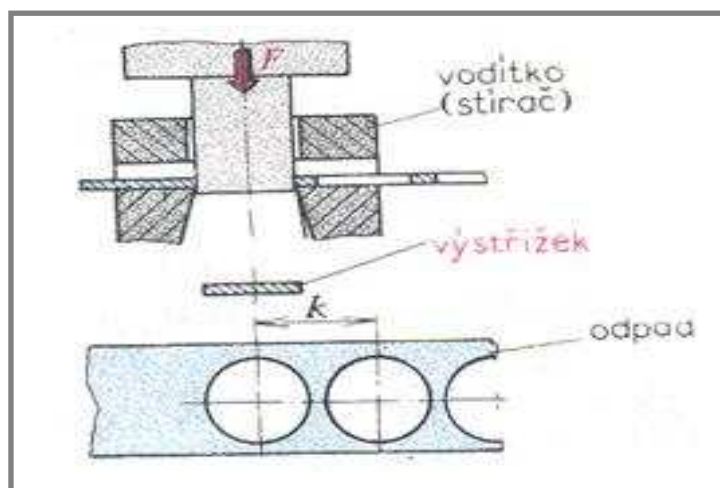
Obr. 4.9 Nože na čtvercový a kruhový materiál (12)
(a – čtvercový průřez, b – kruhový průřez, c – kruhový průřez s rozdílným průměrem, d – kruhový průřez s povolenou deformací profilu)

4.3 NÁSTROJE PRO STŘÍHÁNÍ

Nástroje pro stříhání, (stříhadla) jsou nástroje, kdy funkci horního pohyblivého nože vykonává střížník a funkci spodního pevného nože střížnice. Můžeme je rozdělit podle počtu operací na jednoduché, postupové, sloučené, sdružené, sdružené postupové. Podle povahy základní práce pak na stříhací, ohýbací, tahací, atd. a podle počtu výrobků na jednonásobné a vícenásobné. (12)

4.3.1 Jednoduché střížné nástroje

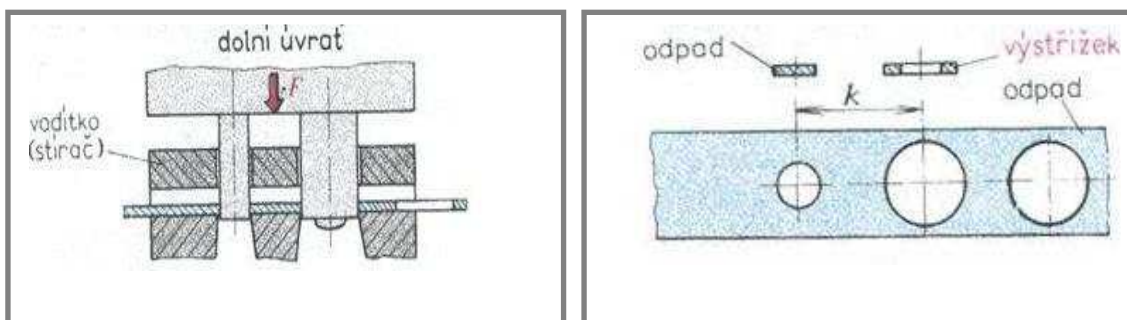
Jednoduchý střížný nástroj, je určen pro jednu operaci. Poloha pásu je zajištěna pevným dorazem, posuv je roven hodnotě kroku (velikost výrobku plus přídavek). (12)



Obr. 4.10 Jednoduchý střížný nástroj (12)

4.3.2 Postupové střížné nástroje

Postupový střížný nástroj zhotovuje výstřížek postupně, na několik kroků. Používá se načínací doraz při vložení nového pásu, dále je poloha pásu zajištěna pevným koncovým dorazem. Funkci nástroje lze pochopit z obrázku vpravo. Jsou na něm šrafované 3 plochy, které se vystříhnou na 1 zdvih. Obdélníková plocha je odstřížena stranovým střížníkem a zajišťuje míru tzv. kroku, tj. posuvu pásu o rozteč t . Kruhové plochy různých průměrů patří různým výstřížkům. Posuv pásu je zprava doleva. Pravý (malý) kruhový výstřížek padá do odpadu, z levé části nástroje propadají hotové výrobky např. podložky. (12)

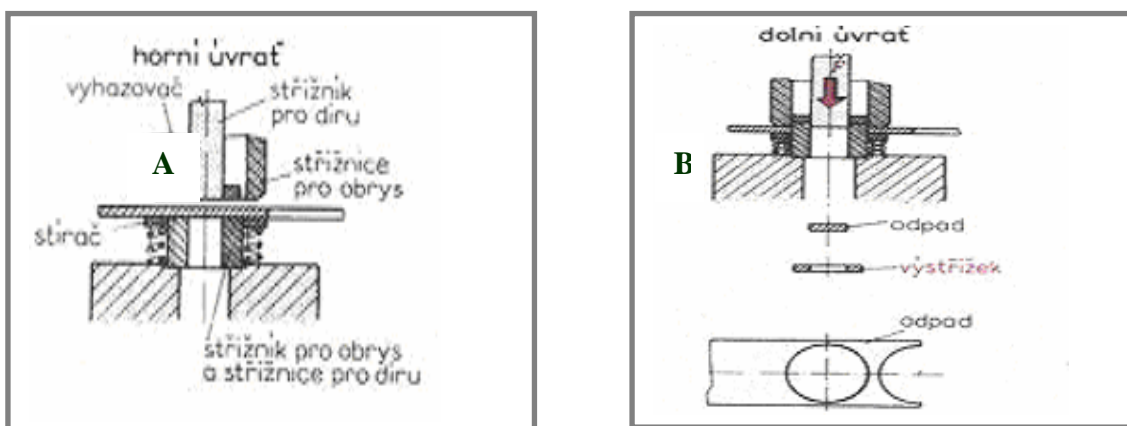


Obr. 4.11 Postupové stříhadlo (12)

4.3.3 Sloučené a sdružené střížné nástroje

Sloučený střížný nástroj se konstruuje pro několik operací na jeden krok. Při stříhání tak dochází jak k děrování, tak i k vystřihování.

Oproti tomu sdružený střížný nástroj se konstruuje pro sdružení různých pracovních úkonů na jeden krok (např. stříhání, ohýbání, tažení, atd.), resp. na více kroků. V tom případě mluvíme o sdruženém postupovém nástroji. Jednotlivé operace jsou zajištěny konstrukcí střížníku, resp. konstrukcí nástroje. (12)



Obr 4.12 Sloučené stříhadlo (12)

A – horní úvrať, B – dolní úvrať

4.4 SPECIÁLNÍ ZPŮSOBY STŘÍHÁNÍ

4.4.1 Stříhání pomocí pryže

Stříhání pomocí pryže (gumy) se používá pro stříhání výstřížků z tenkého plechu. Nástrojem je zde ocelová deska o tloušťce 6 až 10 mm, jejíž obrys je shodný s obrysem konečného výrobku. Proti nástrojem je pryž, která je buď uzavřená v rámu nebo je volně položená na součástku, polotovár. (12)

4.4.2 Stříhání se zvýšenou rychlostí

Stříhání se zvýšenou rychlostí je založeno na zmenšení objemu s vyčerpanou plasticitou na minimum, dráhy trhlin od střížných hran jsou velmi blízké a výsledkem jsou kolmé a rovinné střížné plochy. To vše je možné pouze při dosažení kritických rychlostí, u uhlíkových ocelí kolem 3 až 5 m.s⁻¹. (12)

4.5 STROJE NA STŘÍHÁNÍ MATERIÁLU

Nůžky na stříhání materiálu

- ruční
- strojní

Ruční tabulové nůžky jsou zhotoveny z mohutných svařencových konstrukcí a výpalků tak, aby byla zajištěna maximální kvalita stříhu i při větším a dlouhodobém namáhání. Jsou určeny do klempířských a údržbářských dílen, pro kusovou i malosériovou výrobu. Stůl a nosné rameno jsou konstruovány tak, aby bylo možno posouváním plechu stříhat plech o neomezené délce. Přítlačné pravítko ovládané pákou s excentrem zajišťuje spolehlivé přidržení stříhaného materiálu. Nože jsou vyrobeny z kvalitních nástrojových ocelí. (14)

Strojní nůžky dělíme

a) podle druhu pohonu

- hydraulické
- pneumatické
- elektromechanické

b) podle druhu použití

- tabulové
- děrovací
- profilové
- vystřihovací
- kruhové
- univerzální



Obr. 4.13 Tabulové pákové nůžky AHS 1000/2 (14)

Tab. 4.1 Technické parametry AHS 1000/2 (14)

Technické parametry tabulové pákové nůžky AHS 1000/2			
střížná délka	1030 mm	stavitelnost dorazu	50-500 mm
síla stříhu max.	2,5 mm	hmotnost stroje	cca 400 kg



Obr. 4.14 Univerzální hydraulické nůžky s děrováním IMS HY55 (15)

Tab.4.2. Technické parametry hydraulických nůžek IMS HY55 S (15)

Technické parametry univerzálních hydraulických nůžek IMS HY55 S					
Tloušťka materiálu		16 mm			
Děrování max. průměr x tloušťka		32x13, 100x4 mm			
Nůžky pro plochou ocel		300x12, 200x15 mm			
Vystřihování		50x40x7 mm			
Dělení L profilů pod úhlem 90° / 45°		80x80x8 / 80x80x8 mm			
Max. tlačná síla	55 t	Hmotnost	1520 kg	Max. zdvih	50 mm

5. ZÁVĚR

Cílem této práce je analyzovat jednotlivé druhy konvenčních metod dělení materiálů, pojmenovat jejich podstatu, používané stroje, nástroje a využití v praxi.

Přesto, že společnou podstatou všech popsaných metod dělení je porušování molekulární vazby děleného materiálu a to formou třískového obrábění nebo působením tvářecích sil za hranici meze pevnosti, je nutné, aby volbě konkrétní metody předcházelo posouzení specifických potřeb výroby a charakteristických vlastností děleného materiálu.

5.1 POROVNÁNÍ VYUŽITÍ METOD DĚLENÍ MATERIÁLŮ V PRAXI

Druh	Použití	Výhody	Nevýhody
Řezání			
Pilovými listy	Malosériová výroba, servisní dílny, sklady hutního materiálu,	Levný nástroj, snadná manipulace, operativnost použití, mobilita stroje	Malý výkon (mrtvý chod), špatná kvalita obrobených ploch, možnost dělení pouze malého průřezu materiálu
Pilovými pásy	Velkosériová výroba, dělení rozměrných polotovarů	Možnost dělení rozměrných polotovarů, levný nástroj, velký řezný výkon	Vysoké náklady na pořízení stroje, náročná údržba, stabilní umístění stroje,
Pilovými kotouči	Velkosériová výroba, sklady hutního materiálu,	Velký řezný výkon, snadná výměna nástroje, možnost drážkování, přesný řez	Drahý nástroj, náchylnost k poškození nástroje, nutnost kvalifikované obsluhy, velký prořez
Rozbrušování	Malosériová výroba, servisní práce	Mobilita stroje, snadná obsluhy, levný stroj i nástroj	Nízká efektivita, rychlé opotřebení nástroje, nebezpečí požáru
Upichování	Speciální operace s požadavkem na přesnost, automatická obráběcí centra	Možnost použití v automatických obráběcích centrech, přesnost obrobených ploch	Drahý stroj, nízká efektivita, nutnost kvalifikované obsluhy, nutnost nastavování nástroje při opotřebení a výměně
Stříhání	Velký rozsah použití, velkosériová i kusová výroba, hutní sklady, dělení plošných materiálů	Široké uplatnění, jednoduchý technologický postup, vysoká efektivita, možnost automatizace	Drahý střížný nástroj, nekvalitní povrch střížných ploch,

Z výše uvedeného porovnání vyplývá, že každý ze způsobů dělení materiálu má v praxi své uplatnění a opodstatnění. Bez detailní znalosti provozních potřeb a podmínek není možné žádnou z metod upřednostnit nebo naopak odmítnout.

Rozhodnutí o zavedení konkrétní metody dělení materiálů a s ní související potřebné techniky do praxe proto musí předcházet detailní analýza výrobního procesu, technologických postupů a operací, vlastností používaných materiálů včetně posouzení provozně ekonomické efektivity navrhované metody ve výrobním procesu.

Jedině tak lze dosáhnout požadovaného rozsahu a kvality výroby a maximálního hospodářského efektu při vynaložení minimálních výrobních nákladů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ŘASA, J., GABRIEL, V.: *strojírenská technologie 3, 1.díl*. SCIENTIA Pedagogické nakladatelství, Praha 2002. ISBN 80-7183-337-1
- [2] ZEMČÍK, O.: *Technologická příprava výroby*. CERM, s.r.o. Akademické nakladatelství, Brno 2002. ISBN 80-214-2219-X
- [3] ZEMČÍK, O.: *Nástroje a přípravky pro obrábění*. CERM, s.r.o. Akademické nakladatelství, Brno 2003. ISBN 80-214-2336-6
- [4] *Technické informace k pilovým listům* [online]. 2003 [cit. 2008-05-10]. Dostupný z: <www.pilana.cz/cz/technicke-informace-k-pilovym-listum>.
- [5] *Řezné nástroje na kov* [online]. 2006 [cit. 2008-05-12]. Dostupný z: <www.pilana.cz/download=cz/pilana_rezne_nastroje_kov.pdf>.
- [6] *Proka, generální zastoupení firmy KASTO* [online]. 2007 [cit. 2008-04-12]. Dostupný z: <www.proka.cz/index.php>.
- [7] *Řezné kotouče a pilové pásy* [online]. Internetové stránky firmy mmindustry s.r.o. 2000-2008 [cit. 2008-04-20]. Dostupný z: <www.mmindustry.cz/index_soubory>.
- [8] *Pásové pily.eu* [online]. Internetový obchod. [cit. 2008-04-12]. Dostupný z: <www.pasove-pily.eu/KOTOUCOVE-PILY-NA-KOV/941-BOMAR-kotoucova-pila-na-hlinik-AL-400.html>.
- [9] *Elektro nářadí* [online]. Internetový obchod. [cit. 2008-04-12]. Dostupný z: <www.elektro-naradi.cz/delici-bruska-na-rozbrusovani-kovu-gco-141-elektro-938.html>.
- [10] *Česká zbrojovka* [online]. Internetové stránky firmy Česká zbrojovka. [cit. 2008-04-20]. Dostupný z: <www.czub.cz/np/index.php?lang=cz&id=21>.
- [11] *Technologie tváření kovů* [online]. Technická univerzita Liberec, fakulta strojní. [cit. 2008-03-15]. Dostupný z: <www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm>

- [12] *Technologie plošného tváření* [online]. Technická univerzita Liberec, fakulta strojní.[cit. 2008-03-15]. Dostupný z: <www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tk/sekce/06.htm>.
- [13] *Nářadí online* [online]. Internetový obchod. [cit. 2008-04-12]. Dostupný z: <www.naradi-online.cz/images/soustruh%2520spf-1500ph.jpg>.
- [14] *SCHEJBAL* [online]. Internetový obchod. [cit. 2008-04-12]. Dostupný z: <<http://schejbal.cz/paktabulnuzky.htm>>.
- [15] *HEINDL* [online]. Internetový obchod. [cit. 2008-05-12]. Dostupný z: <www.heindl.cz/company.php?id=459>.
- [16] *První hanácká BOW* [online]. Internetový obchod. [cit. 2008-02-12]. Dostupný z: <www.bow.cz/index.php>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1	Řezání pilovým listem	str. 11
Obr. 3.2	Schéma pilového listu	str. 11
Obr. 3.3	Pilový list v řezu	str. 11
Obr. 3.4	Volba počtu zubů pilového listu	str. 12
Obr. 3.5	Rámová pila KASTO HBS1	str. 14
Obr. 3.6	Bimetalový pilový pás	str. 15
Obr. 3.7	Geometrie zubů pilových pásů	str. 15
Obr. 3.8	Zuby standart	str. 16
Obr. 3.9	Zuby Hook	str. 16
Obr. 3.10	Variabilní zuby	str.16
Obr. 3.11	Variabilní zuby s kladným úhlem čela	str. 16
Obr.3.12	Základní rozteče zubů	str. 17
Obr. 3.13	Typy rozvodu zubů	str. 17
Obr. 3.14	Zuby standart	str. 17
Obr. 3.15	Zuby hook	str.17
Obr. 3.16	Zuby skip	str 17
Obr. 3.17	Pásová pila na kov se sloupovým vedením METOR - VMB-305-DS3	str.18
Obr. 3.18	Schéma HSS kotouče	str.20
Obr. 3.19	Druhy zubů pilových kotoučů	str.20
Obr 3.20	Detail zubu	str.21
Obr. 3.21	Kotoučová pila na kov pro řezání za sucha MTS 356	str.24
Obr. 3.22	Poloautomatická kotoučová pila na hliník BOMAR AL	str.24
Obr. 3.23	Rozbrušovací bruska	str.25
Obr. 3.24	Univerzální hrotový soustruh SPF-1500P	str.26
Obr. 4.1	Princip stříhání pomocí stříhadla	str.27
Obr. 4.2	Deformační pásma při stříhání	str.28
Obr. 4.3	Schéma stříhání pomocí střížného nástroje (SK – střížník, SC – střížnice)	str.28
Obr. 4.4	Stříhání skloněnými, šikmými, noži	str.29
Obr. 4.5	Porovnání délky stříhu při stříhání rovnými, resp. šikmými noži	str.29

Obr. 4.6	Úpravy střížníku a střížnice	str.30
Obr. 4.7	Kotoučové nůžky při stříhání pásů	str.31
Obr. 4.9	Nože na čtvercový a kruhový materiál	str.31
Obr. 4.10	Jednoduchý střížný nástroj	str.31
Obr. 4.11	Postupové stříhadlo	str.32
Obr. 4.12	Sloučené stříhadlo	str.33
Obr. 4.13	Tabulové pákové nůžky AHS 1000/2	str.35
Obr. 4.14	Univerzální hydraulické nůžky s děrováním IMS HY55	str.35

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1	Doporučený počet zubů pro jednotlivé materiály	str. 12
Tab. 3.2	Závady pilových listů	str. 13
Tab.č. 3.3	Parametry pásové pily METOR – VMB-305-DS	str. 18
Tab. 3.4	Volba počtu unášecích otvorů	str. 21
Tab. 3.5	Charakteristika povlaků pil	str. 22
Tab. 3.6, 3.7	Technická data kotoučových pil	str. 24
Tab. 3.8	Technické parametry rozbrušovací brusky	str. 25
Tab. 3.9	Technické data univerzálního hrotového soustruhu SPF- 1500P	str. 26
Tab. 4.1	Technické parametry AHS 1000/2	str. 35
Tab. 4.2	Technické parametry hydraulických nůžek IMS HY55 S	str. 35